

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003133398
PUBLICATION DATE : 09-05-03

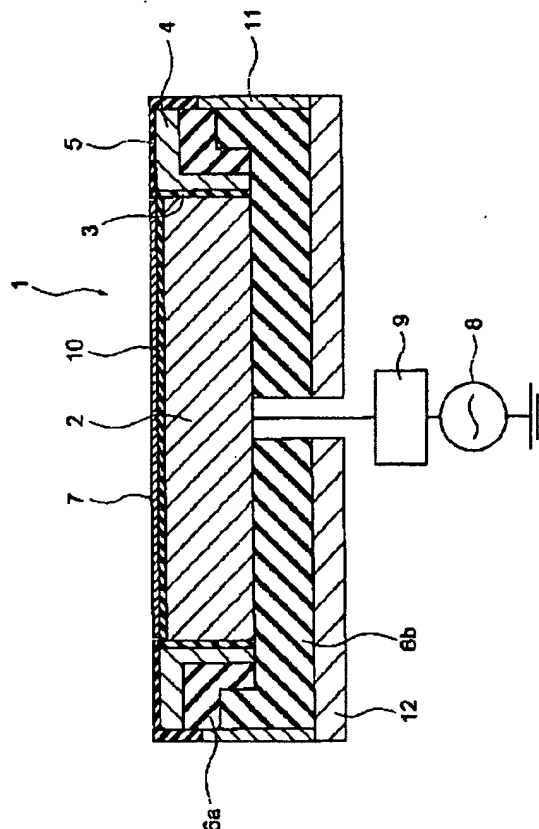
APPLICATION DATE : 29-10-01
APPLICATION NUMBER : 2001331119

APPLICANT : ANELVA CORP;

INVENTOR : TSUKADA TSUTOMU;

INT.CL. : H01L 21/68 B01J 19/08 H01L 21/3065
H05H 1/46 // C23C 14/34 C23C 16/458
C23C 16/509

TITLE : DOUBLE-ELECTRODE WAFER
HOLDER OF PLASMA-ASSISTED
WAFER PROCESSING APPARATUS



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the radial profile of plasma density on the surface of a wafer.

SOLUTION: A double-electrode wafer holder comprise a central electrode 2 to which an rf current is supplied from an rf power supply 8, a thin dielectric ring member 3 disposed around a sidewall of the central electrode, an outside electrode 4 disposed around the thin dielectric ring member, a dielectric plate 5, in which the outside electrode obtains part of the rf current provided to the central electrode by a capacitive coupling mechanism through the thin dielectric ring member, and which covers the upper surface of the outside electrode, and dielectric members 6a, 6b which cover a side surface and the lower surface of the outside electrode, and the lower surface of the central electrode.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133398

(P2003-133398A)

(43) 公開日 平成15年5月9日(2003.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/68		H 0 1 L 21/68	N 4 G 0 7 J
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	H 4 K 0 2 9
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	L 4 K 0 3 0
H 0 5 H 1/46		C 2 3 C 14/34	J 5 F 0 0 4
// C 2 3 C 14/34		16/458	5 F 0 3 1
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L 外国語出願 (全 35 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-331119(P2001-331119)

(22) 出願日 平成13年10月29日(2001.10.29)

(71) 出願人 00022/294

アネルパ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 スニル ウィクラマナヤカ

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

(72) 発明者 塚田 勉

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

(74) 代理人 100094020

弁理士 田宮 寛社

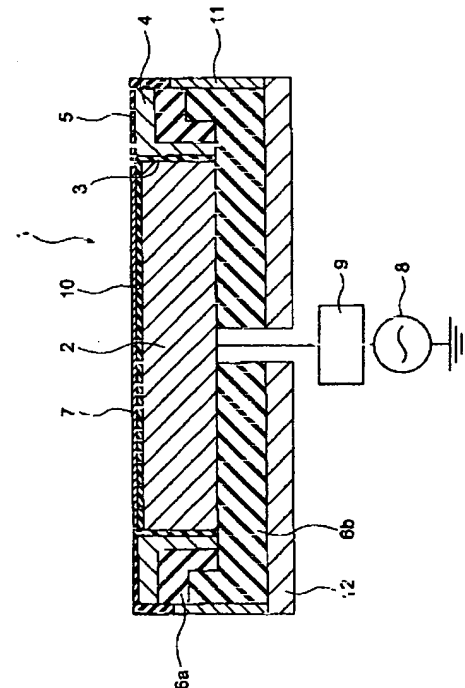
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ支援ウェハー処理装置の二重電極ウェハーホルダ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ウェハー上のプラズマ密度の半径方向のプロファイルを改善する。

【解決手段】 二重電極ウェハーホルダは、rf電源8からrf電流を供給される中央電極2と、中央電極の側壁の周囲に配置される薄い誘電体リング部材3と、薄い誘電体リング部材の周囲に配置される外側電極4と、そしてその外側電極は中央電極に与えられるrf電流の一部を薄い誘電体リング部材を通して容量結合機構によって取得し、外側電極の上面を覆う誘電体プレート5と、そして外側電極の側面と下面および中央電極の下面を覆う誘電体部材6a、6bとから構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 r f 電源から r f 電流が供給される中央電極と、

前記中央電極の側壁の周囲に配置された薄い誘電体リング部材と、

前記薄い誘電体リング部材の周囲に配置され、前記薄い誘電体部材リングを通して容量結合機構によって前記中央電極に与えられる r f 電流の一部を得る外側電極と、前記外側電極の上面を覆う誘電体プレートと、そして前記外側電極の側面および下面と前記中央電極の下面とを覆う誘電体部材を備えて成り、

反応容器におけるプラズマ処理のためウェハを配置するためのプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【請求項2】 前記外側電極は異なる r f 電源から整合回路を介して r f 電流が与えられる請求項1記載のプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【請求項3】 中央電極と、前記中央電極の側壁の周囲に配置された薄い誘電体リング部材と、前記薄い誘電体リング部材の周囲に配置された外側電極と、

前記外側電極の上面を覆うための誘電体プレートと、そして前記外側電極の側面および下面と前記中央電極の下面とを覆うための誘電体部材とから成り、

上記において前記外側電極は r f 電源から r f 電流を供給され、前記中央電極は前記外側電極に与えられる r f 電流の一部を前記薄い誘電体リング部材を通して容量結合機構によって取得する、反応容器におけるプラズマ処理のためウェハを配置するためのプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【請求項4】 前記薄い誘電体リング部材の周囲の前記外側電極の高さは、前記中央電極と前記外側電極の間の容量を変えるために変更される請求項1～3のいずれか1項に記載のプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【請求項5】 前記外側電極の断面形状はその上に発生したプラズマを前記反応容器の中心に向けて、または中心から外側に向けて、移動させるため適当に変化させられる請求項1～3のいずれか1項に記載のプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【請求項6】 前記中央電極の周囲の前記薄い誘電体リング部材の厚みは前記中央電極と前記外側電極との間の容量を変えるために変更させられる請求項1～5のいずれか1項に記載のプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の応用分野】本発明はプラズマ支援ウェハ処理装置の二重電極ウェハホルダに関する。この発明は

容易にプラズマ反応容器に配置されたウェハの表面上のプラズマの半径方向の均一性を改善し、それによってウェハの全表面における均一な処理速度を改善する。当該反応容器はプラズマ支援のドライエッチング、化学的気相成長またはスパッタ堆積処理のために用いられる。

【0002】

【従来の技術】プラズマ支援ウェハ処理における主要な問題の1つは処理されるべきウェハの全表面にわたって不均一なプラズマということである。この問題はプラズマ表面上で不均一な処理速度という結果をもたらす、そして不完全なデバイスという事態をもたらす。この問題は従来のウェハホルダの2つのタイプを用いて詳細に説明される。

【0003】図7は従来のプラズマ処理装置の一例を示す。この装置は反応容器110とその中のウェハホルダ100を備える。この発明に関してはウェハホルダ100のみが関心があるので、ウェハホルダ100を除くプラズマ処理装置の部分は説明されない。ウェハホルダ100は r f 電極101、 r f 電極101上の誘電体プレート102、 r f 電極101を支持する上部と下部の誘電体部材103aと103b、金属側壁104、底プレート105から構成されている。ウェハホルダ100は反応容器110の底壁111上に配置されている。シリコン (Si) ウェハ106はウェハホルダ100上に搭載されている。 r f 電極101の直径は通常ウェハ106の直径に等しいかまたは少し大きくなっている。例えば、もしウェハの直径が200mmであるならば、 r f 電極101の直径は200mmから260mmの範囲にある。処理のタイプに応じて、 r f 電極101の上面上に誘電体プレート102があってもよいし、なくてもよい。もし r f 電極101の上に誘電体プレート102があるとすれば、その直径は r f 電極101の直径に等しいか、またはそれよりも小さい。Si ウェハ106は誘電体プレート102の中央領域の上に置かれている。

【0004】ウェハ106の周囲には外部シールド112がある。外部シールド112の材質は関連するウェハ処理の化学反応に合うように実験的に選択される。 r f 電極101は r f 発生器107から整合回路108を経由して r f 電流が与えられる。 r f 電流の周波数は通常重要なことではないが、10MHzから60MHzの範囲にある。当該 r f 電流は容量結合機構によって誘電体プレート102とウェハ106を経由してプラズマに結合し、プラズマを発生させる。この生成されたプラズマはプラズマ支援ウェハ処理に用いられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述した構成に関連する問題を次に説明する。プラズマ密度の径方向の均一性は r f 電流の r f 周波数、誘電体プレート102の厚

み、そしてrf電極101と誘電体プレート102の直径のごときいくつかのパラメータに依存する。図8はプラズマの半径方向の密度またはプラズマの拡散に関して多くの可能な径方向プロファイル（拡散分布の径方向の外形）の中から3つの可能な径方向プロファイル109, 110, 111を示す。ウェハー表面にわたって要求されるプラズマ密度プロファイルは径方向プロファイル110によって与えられる。しかしながら、このプラズマ密度径方向プロファイルを得ることはまれである。ほとんどの時間、プラズマ密度のプロファイルは、曲線109, 111あるいは他の異なる形状によって示されるごとく、その端部を異なる形状に変化する。通常、圧力とrf電力を制御することによって、プラズマ密度の径方向のプロファイルは或る程度改善することができる。しかしながら、通常の場合のごとく、径方向の均一化のために最適化されたrf電力の圧力は、要求される処理速度と他のプロセスパラメータを得るために選択されたそれらと一致しない。それ故に、図7に示された構成に伴うウェハー表面の径方向の均一性を制御することは制限されることになる。

【0006】図9は従来のプラズマ処理装置の他の構成を示す。この装置は、上部電極150、前述したウェハーホルダ100、円筒形の側壁151、底プレート152、上部プレート153から構成されている。ウェハーホルダ100の構成は図7において与えられたものと同じである。当該プラズマ処理装置の構成は、上部電極150と下部電極101に与えられるrf周波数が通常異なるので、二周波励起反応容器と呼ばれる。上部電極150は他のrf電力発生器161から他の整合回路162を経由してrf電力が供給される。上部電極150は誘電体部材164によって反応容器163の壁部から電気的に絶縁されている。ここで、主要プラズマは上部電極150に与えられるrf電力によって生成される。通常、上部電極150に与えられるrf電力の周波数は10MHz～100MHzの範囲にある。下部電極に与えられるrf電流の周波数は通常上部電極150のそれよりも小さいかまたは等しく、1MHz～30MHzの範囲にある。

【0007】たとえ上記第2のプラズマ処理装置の構成であってもウェハー表面上のプラズマ密度の径方向プロファイルの制御性は制限される。rf周波数はプラズマ密度の径方向プロファイルに対していくつかの影響を与えるが、一旦装置が組み立てられると、rf周波数を変化させることは径方向の均一性を改善するための実際的な解決ではない。それ故に、rf電極と圧力のみがプラズマ密度の径方向の均一性を制御するための主要な残りのパラメータである。先に説明したように、これらの2つのパラメータはプラズマ密度の径方向の均一性を制御することにおいて、制限された可能性を持っている。

【0008】前述したプラズマ処理装置は、主要な電

極、それは下部と上部の電極であり、ウェハー表面上にわたるプラズマの径方向プロファイルを制御する制限された可能性を有するが、プラズマの化学反応と要求された処理パラメータを制御するということを指摘している。それ故に、一旦要求されるプロセスパラメータが主要電極に対し適当な値を採用することによって達成されたあとで、ウェハー表面上のプラズマの径方向プロファイルを制御する付加的なパラメータがあるに違いない。このことは、特に大面積ウェハー処理にとって重要である。

【0009】本発明の目的は、処理されるべきウェハーにおけるプラズマ密度の径方向プロファイルを改善することができるプラズマ支援ウェハー処理装置の二重電極ウェハーホルダを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマ支援ウェハー処理装置の二重電極ウェハーホルダは、前述の目的を達成するため、次のように構成される。

【0011】本発明の二重電極ウェハーホルダは、反応容器におけるプラズマ処理のためのウェハーを配置する目的で用いられる。それは、rf電源からrf電流を供給される中央電極と、中央電極の側壁の周囲に配置される薄い誘電体リング部材と、薄い誘電体リング部材の周囲に配置される外側電極と、そしてその外側電極は中央電極に与えられるrf電流の一部を薄い誘電体リング部材を通して容量結合機構によって取得し、外側電極の上面を覆う誘電体プレートと、そして外側電極の側面と下面および中央電極の下面を覆う誘電体部材とから構成されている。

【0012】上記の構成によれば、ウェハー表面のプラズマの均一性が改善される。外側のrf電極は中央rf電極に与えられるrf電流の一部となるように設計されている。中央と外側の電極の間の容量を変化させることによって外側電極に結合されたrf電力は変化させられ、それによってプラズマの径方向の均一性が適切に制御される。

【0013】上記の構成において、好ましくは、外側の電極は異なるrf電源から整合回路を経由してrf電流が与えられる。

【0014】本発明の他の二重電極ウェハーホルダは、中央電極、中央電極の側壁の周囲に配置された薄い誘電体リング部材、薄い誘電体リング部材の周囲に配置された外側電極、外側電極の上面を覆うための誘電体プレート、そして外側電極の側面と下面と中央電極の下面を覆う誘電体部材とから構成されている。上記の構成において外側電極はrf電源からrf電流を供給され、そして中央電極は外側電極に与えられたrf電流の一部を薄い誘電体部材を通して容量結合機構によって取得する。

【0015】上記の二重電極ウェハーホルダにおいて、薄い誘電体リング部材の周りの外側電極の高さは中央電

極と外側電極の間の容量を変化させるために変更される。

【0016】二重電極ウェハーホルダにおいて、外側電極の断面形状は、反応容器の中央に向かって、または中央から、その上に生成されるプラズマを移動させるため適当に変えられる。

【0017】二重電極ウェハーホルダにおいて、中央電極の周りの薄い誘電体リング部材の厚みは中央電極と外側電極の間の容量を変えるために変更される。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に、好適な実施形態が添付図面を参照して説明される。実施形態の説明を通して本発明の詳細が明らかにされる。

【0019】本発明の第1実施形態は図1と図2を参照して説明される。図1はウェハーホルダ1のみを示す。ウェハーホルダ1を備える反応容器は図1において示されていない。ウェハーホルダ1は、中央rf電極2と、この中央電極の側壁の周りの薄い誘電体リング3と、以下において外側電極と呼ばれる外側金属リング4と、誘電体プレート5と、中央と外側の電極をウェハーホルダ1の側壁11と底プレート12から電気的に絶縁する誘電体部材6a、6bとから構成されている。中央電極2の直径はその上に搭載されたウェハー7の直径に相当する。例えば、もしウェハーの直径が200mmであるならば、中央電極2の直径は180mmから230mmの範囲にあり得る。中央電極2の高さは重要な事項ではなく、通常およそ3〜4cmに設定される。

【0020】中央電極2は整合回路9を通してrf電力発生器8に接続されている。rf電力発生器8に接続されている。rf電力発生器8の周波数は重要なことではなく、通常、10MHzから100MHzの範囲に選択されている。

【0021】中央電極2の上面の上には薄い誘電体プレート10が存在する。この薄い誘電体プレート10は省略することもできる。もし図1に示されるごとく中央電極の上面の上に薄い誘電体プレート10があるならば、通常、それは誘電体プレート10と中央電極2との間によりよい熱伝導性を持つために強く結合されている。この場合において、誘電体プレート10はウェハーホルダの上に静電的チャック機構によってウェハー7を固定するのに用いられる。もしこの静電的チャック機構が用いられる場合には、ガスリザーバが、誘電体プレート10の上面にウェハー7と誘電体プレート10の間にガスを充填させるために作られる。当該ガスはウェハー7と誘電体プレート10の間によりよい熱伝導性を作る。もし中央電極2の上に誘電体プレートが存在しないならば、ウェハー7は直接に中央rf電極2の上に配置される。

【0022】薄い誘電体リング3は中央電極2の側壁を覆う。誘電体リング3の厚みはできるだけ薄くなるように設定される。例えばそれは1mmよりも小さい。薄い

誘電体リングの周囲に外側電極4が配置される。外側電極4の上面はより大きな水平な表面領域を持つように拡大される。外側電極4の高さは後で説明されるように実験的に選択されている。外側電極4の断面形状は長方形の形状またはL型の形状である。もし断面形状が図1に示されるごとくL型形状であるならば、水平部分の厚みは重要なことではない。通常、この厚みは2cmよりも大きくなるように設定される。薄い誘電体プレート5は外側電極4の上面を覆っている。当該プレート5は半導体部材で作られる。このプレート5にとって適当な材質はウェハー処理の化学反応に依存して選択される。

【0023】外側電極4の外表面と中央と外側の電極2、4の底面は誘電体部材6a、6bによって覆われている。これは、中央電極2と外側電極4を、金属で作られかつ電気的に接地された状態にあるウェハーホルダ1の側壁11と底プレート12から電気的に絶縁することである。

【0024】前述したウェハーホルダ1はプラズマ処理装置の反応容器の中に配置され、この反応容器は天井プレート、側壁、真空排気装置から構成されている。プラズマ処理装置は、例えば上部電極のごとき他のrf電極から構成されてもいいし、構成されなくてもよい。他のrf電極の存在は、2つのrf電極を備えて成る本発明のウェハーホルダ1の期待された目的に影響を与えない。

【0025】次にウェハーホルダ1による作用の原理を説明する。ウェハーホルダ1は、前述したようにプラズマ処理装置に配置されるので、適当な低い圧力の下でrf電力発生器8からrf電流が中央電極2に与えられると、プラズマが容量結合機構によってウェハーホルダ1の上面の全面にわたり生成される。ここで、rf電力は、誘電体プレート10とシリコン(Si)ウェハー7を経由してプラズマに結合される。このrf電力結合のため、誘電体プレート10とSiウェハー7は誘電体プレート10の厚みと材質に依存して基本的に決まる限定したインピーダンスを生成する。このインピーダンスを R_1 として考える。

【0026】同様にして、外側電極4へのrf電力は中央電極2の周囲の薄い誘電体リング3を経由して外側電極4に結合する。rf電力結合の割合は中央と外側の電極2、4の間の容量Cに依存する。ここで、 $C = \epsilon A / d \dots (1)$ 、ここで ϵ は薄い誘電体リング3の相対的誘電率であり、Aは中央と外側の電極2、4の間の相対的な表面面積であり、そしてdは薄い誘電体リング3の厚みである。従って、中央電極2から外側電極4へのrf電力伝送のためのインピーダンス R_2 は $R_2 = 1 / (i \omega C)$ として与えられ、ここで ω はrf電流の角周波数である。外側電極4に結合するrf電力は、再び、外側電極4の上面に配置された誘電体リング5を通してプラズマに結合する。誘電体リング5によって生成される

rf電流のインピーダンスは R_2 として考えられる。たとえそれが本質的なことではなくても、誘電体部材3、5、10の厚みと材質は $R_3 < R_1$ 、 R_2 になるように選択される。このことは中央電極2から外側電極4へのrf電流の流れが R_2 によってのみ制御されるということを確認するためである。

【0027】誘電体リング3と誘電体プレート5の厚みと材質は相対的 R_1 と R_2 を作るように選択される。それ故に、方程式(1)においてAまたは/およびd(A or /and d)を変えることによって、中央電極2から外側電極4に流れるrf電流は制御される。ここで、Aは外側電極4の高さを変えることによって変えられ、dは薄い誘電体リング3の厚みを変えることによって変えられる。例えば、外側電極4へ流れるrf電流を減少させるため、外側電極4の高さは図2に示されるごとく減じられる。

【0028】一般に、中央電極2の上面に生成されたプラズマは、図3において線13によって示されるような形状となる。同様に、外側電極4から結合されたrf電流は同様にまた図3における線14によって示されるごとくドーナツ形状となるプラズマを生成する。当該ドーナツ形状の外側プラズマの生成は次の2つの理由によってウェハー表面の上におけるプラズマの均一性の改善の原因となる。

【0029】(1) ドーナツ形状のプラズマは中央領域に拡散する。(2) ドーナツ形状における外側プラズマの存在は中央プラズマからプラズマ処理反応容器の側壁へのrf電流に対するインピーダンスを減じる。このことはプラズマ処理反応容器の側壁に向かう中央プラズマの拡散の原因となる。これらの2つの理由は、ウェハー7の表面にわたってプラズマの分布の径方向プロファイルの改善することを、結果として生じさせる。

【0030】線14によって示されたドーナツ形状のプラズマの位置は外側電極4の幅を変化させることによって変化させられる。例えば、外側電極に関して3つの可能な構成15、16、17が図4によって示されている。構成15はその高さが実質的に中央電極2の高さと同じである円筒形の形状を有している。構成16は、円筒形部分の高さが電極4の高さよりもより短いということを除いて、外側電極4に類似している。構成17は、外側電極4に比較してリング形状のフランジの点で、差異を有している。適当に構成された外側電極を用いることによって、ドーナツ形状のプラズマは広げられ、狭められ、または中央電極2の上に生成された中央プラズマに向かってもしくは中央プラズマから移動される。

【0031】次に図5を用いて第2の実施形態を説明する。ここではrf電源8は整合回路9を経由して外側電極4に接続されている。この相違点を除いて全ての他のハードウェア(ハード構成)は第1実施形態で説明されたものと同じである。作用の原理も同様にまた第1実施

形態で説明されたものと同じである。第1実施形態に比較してまた第2実施形態における当該唯一の差異はrf電流が外側電極4から中央電極2へと流れることである。しかしながら、プラズマの分布の径方向の均一性を制御するため第1実施形態で説明された同じ手順が用いられる。

【0032】さらに図6を用いて第3の実施形態を説明する。ここで、外側電極24は異なるrf電源17から整合回路18を経由して直接にrf電流が供給される。外側電極24の構成は同様にまた外側電極4に比較してまた垂直部分または円筒形部分を除去することによって図6に示されるごとく薄い円形プレートへ変化させられる。これらの差異を除いて、全ての他のハードウェア構成は第1実施形態において与えられたものと同じである。外側電極24に接続されたrf発生器17の周波数は10MHzから100MHzの範囲に存在する。このrf周波数は中央電極2に与えられたrf周波数に等しいかまたは異なることができる。もし異なるrf周波数が採用されたとするならば、適当なrfカットオフ・フィルタがrf電気回路に加えられる。これらのrfカットオフ・フィルタは図において示されていない。

【0033】第2と第3の実施形態における各々における作用は第1実施形態において説明されたものと同じである。すなわちウェハー表面全面にわたって要求された径方向均一性が与えられるので、外側電極を経由して適応されるrf電力は調整される。再び、第1実施形態と同様に、外側電極の形状は、プラズマの径方向の均一性を改善するため、変えられる。

【0034】本発明の中央と外側の電極を備えた二重電極ウェハーホルダは各実施形態の特徴的な部分を選択的に結合することによって適宜に構成することができる。

【0035】

【発明の効果】本発明による二重電極ウェハーホルダは処理されるべきウェハーの表面の全面にわたるプラズマの分布の径方向均一性を改善することができ、それによってウェハー表面の処理の均一性を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この図は第1実施形態による二重電極ウェハーホルダの断面図である。

【図2】この図は第1実施形態の変形例の断面図である。

【図3】この図は第1実施形態において中央と外側の電極の上に生成されるプラズマの径方向プロファイルを示す。

【図4】この図は第1実施形態における外側電極の3つの可能な構成の断面図(A)、(B)、(C)を示す。

【図5】この図は第2実施形態による二重電極ウェハーホルダの断面図である。

【図6】この図は第3実施形態による二重電極ウェハー

ホルダの断面図である。

【図7】この図はプラズマ処理装置における従来のウェハホルダの断面図である。

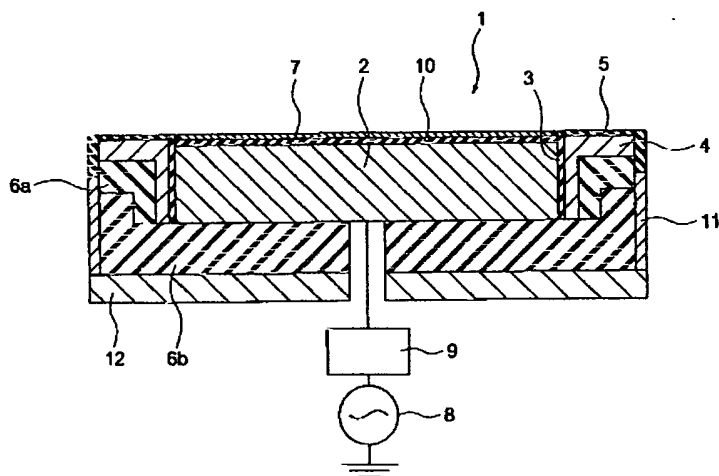
【図8】この図は図7に示されたウェハホルダでウェハホルダ表面の全面にわたるプラズマ分布の3つの可能な径方向プロファイルを示す。

【図9】この図は他の形式のプラズマ処理装置における従来のウェハホルダの断面図である。

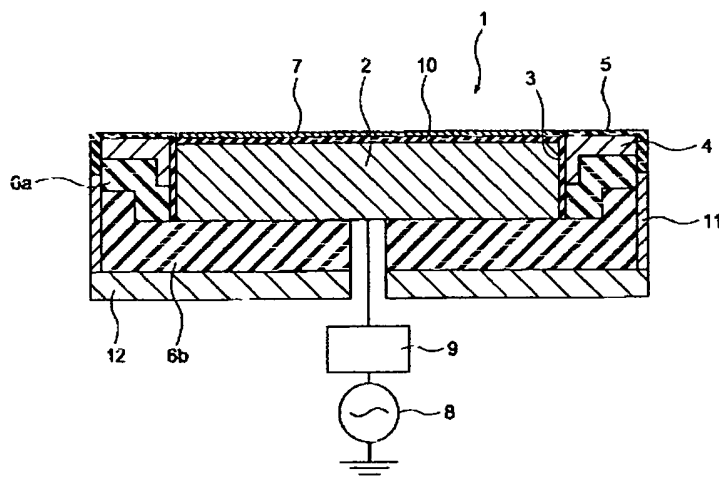
【参照符号の説明】

- | | |
|----------|----------------|
| 1 | ウェハホルダ |
| 2 | 中央電極 |
| 3 | 薄い誘電体リング部材 |
| 4 | 外側電極 |
| 5 | ドーナツ形状の誘電体プレート |
| 6 a, 6 b | 誘電体部材 |
| 7 | ウェハ |
| 8 | r f 発生器 |
| 9 | 整合回路 |

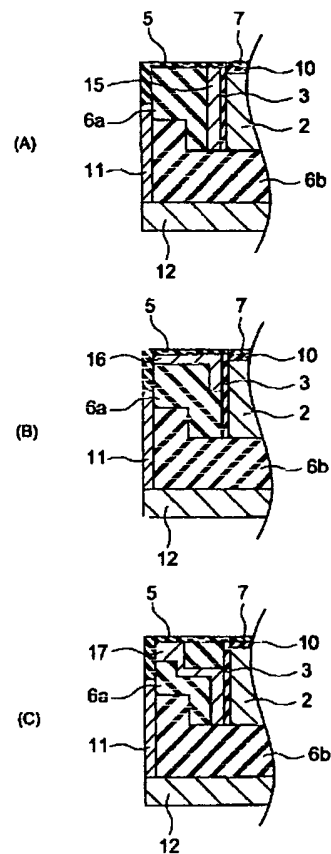
【図1】



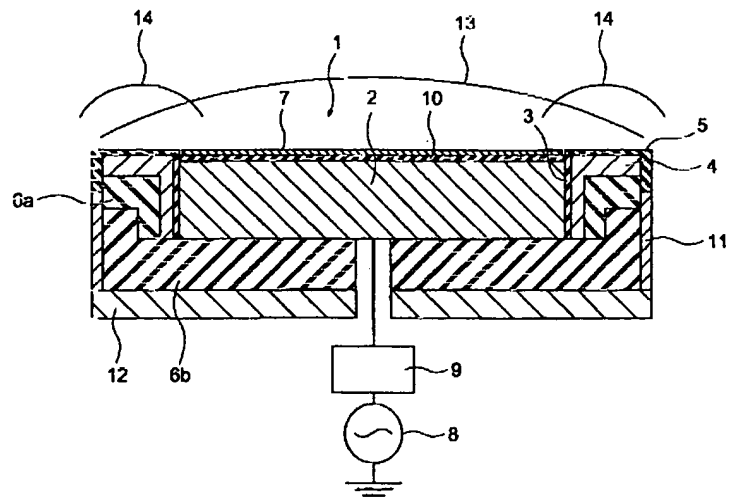
【図2】



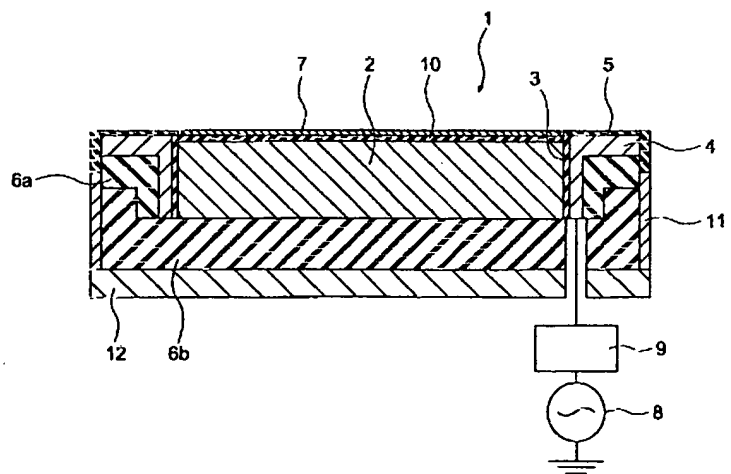
【図4】



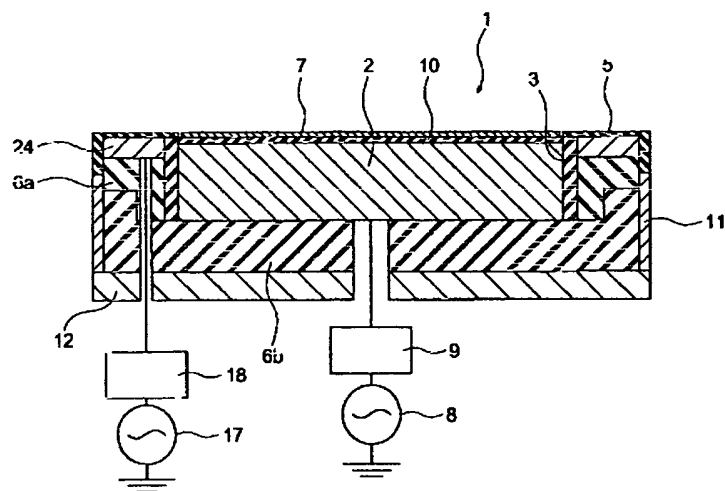
【図3】



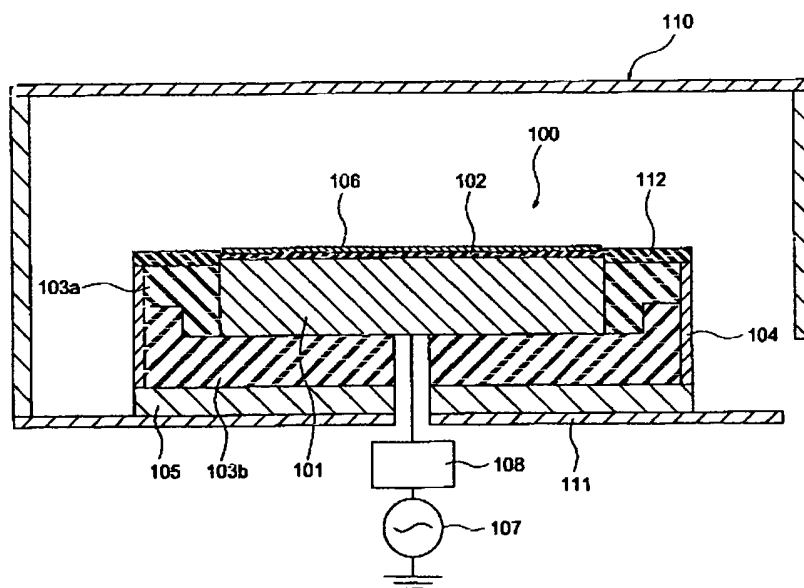
【図5】



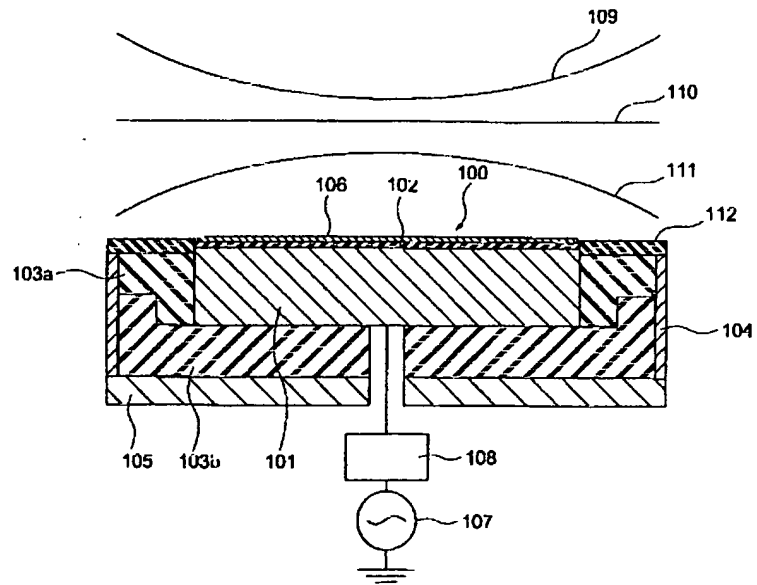
【図6】



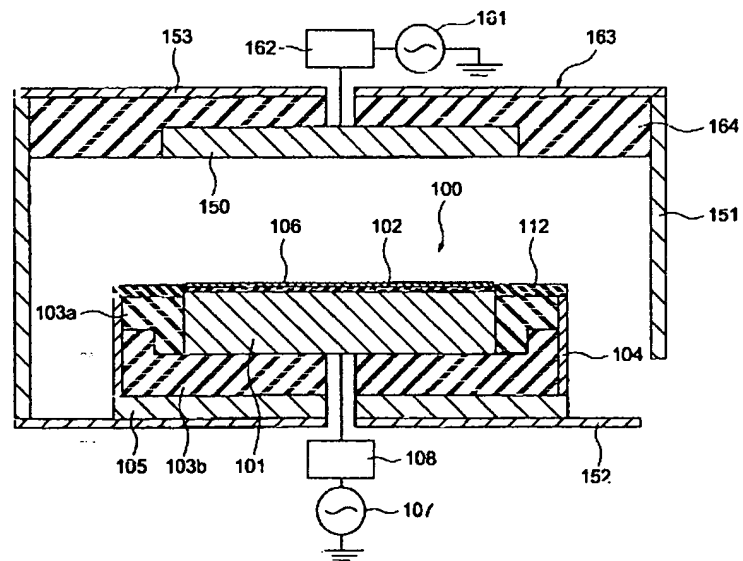
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

C 2 3 C 16/458

16/509

識別記号

F I

C 2 3 C 16/509

H 0 1 L 21/302

(参考)

1 0 1 G

F ターム (参考) 4G075 AA24 AA30 BC02 BC04 BC06
CA47 DA02 EB01 EC10 EC21
EC23 FC15
4K029 AA06 CA05 DC28 DC35 EA06
JA01
4K030 CA04 CA12 FA03 GA02 KA15
KA19 KA30 KA45
5F004 AA01 BA05 BB13 CA03
5F031 CA02 HA02 HA03 MA28 MA29
PA18 PA30

【外国語明細書】

1. Title of the Invention:

Dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system

2. Claims:

[Claim 1]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system in order to place a wafer for plasma processing in a reactor is comprised of;

a center electrode supplied with an rf current from an rf power source,

a thin dielectric ring member arranged around sidewall of said center electrode,

an outer electrode arranged around said thin dielectric ring member, which obtains a fraction of the rf current given to said center electrode via capacitively coupling mechanism through said thin dielectric ring member,

a dielectric plate for covering the upper surface of said outer electrode, and

dielectric members for covering the side and lower surfaces of said outer electrode and the lower surface of said center electrode.

[Claim 2]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system as claimed in claim 1, wherein said outer electrode is given an rf current from a separate rf power source via a matching circuit.

[Claim 3]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing

g system in order to place a wafer for plasma processing in a reactor is comprised of:

a center electrode,

a thin dielectric ring member arranged around sidewall of said center electrode,

an outer electrode arranged around said thin dielectric ring member,

a dielectric plate for covering the upper surface of said outer electrode, and

dielectric members for covering the side and lower surfaces of said outer electrode and the lower surface of said center electrode,

wherein said outer electrode is supplied with an rf current from an rf power source, and said center electrode obtains a fraction of the rf current given to said outer electrode via capacitively coupling mechanism through said thin dielectric ring member.

[Claim 4]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system as claimed in any one of claims 1 - 3, wherein height of said outer electrode around said thin dielectric ring member is altered to change the capacitance between said center electrode and said outer electrode.

[Claim 5]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system as claimed in any one of claims 1 - 3, wherein the cross sectional shape of said outer electrode is changed appropriately to move plasma generated over it towards or outwards from the center of said reactor.

[Claim 6]

A dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing

g system as claimed in any one of claims 1 - 5, wherein thickness of said thin dielectric ring member around said center electrode is altered to change the capacitance between said center electrode and said outer electrode.

3. Detailed Description of the Invention:

[0001]

[Field of Industrial Application]

The present invention relates to a dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer-processing system. This invention facilitates to improve the radial uniformity of plasma on the surface of a wafer placed in a plasma-processing reactor, and thereby a uniform process rate over the entire surface of the wafer. The reactor is used for plasma assisted dry etching, chemical vapor deposition or sputter deposition processes.

[0002]

[Prior Art]

One of the major problems in plasma assisted wafer processing is the nonuniform plasma over the entire surface of the wafer to be processed. This problem results in a nonuniform process rate on the wafer surface and the faulty of devices. This problem is explained in detail using two types of the conventional wafer holders.

[0003]

Fig. 7 shows one of the conventional plasma processing systems. This system has a reactor 110 and a wafer holder 100 within it. Since only the wafer holder 100 is of interest for this invention, parts of the plasma processing system except for the wafer holder 100 are not explained. The wafer holder 100 is comprised of an rf electrode 101, a dielectric plate 102 on the rf electrode 101, upper and lower dielectric members

103a and 103b to support the rf electrode 101, a metal sidewall 104 and a bottom plate 105. The wafer holder 100 is placed on the bottom wall 111 of the reactor 110. A Si wafer 106 is loaded on the wafer holder 100. The diameter of the rf electrode 101 is usually equal to or slightly larger than the diameter of the wafer 106. For example, if the wafer diameter is 200 mm, the diameter of rf electrode 101 may lie in the range of 200 mm to 260 mm. Depending on the type of process, there may or may not be a dielectric plate 102 on the upper surface of rf electrode 101. If there is a dielectric plate 102 on the rf electrode 101, its diameter is equal to or smaller than that of the rf electrode 101. The Si wafer 106 is placed on the central region of the dielectric plate 102.

[0004]

There is an outer shield 112 around the wafer 106. The material of outer shield 112 is experimentally selected to suit the relevant wafer processing chemistry. The rf electrode 101 is given an rf current from a rf generator 107 via a matching circuit 108. The frequency of rf current is usually not critical and lies in the range of 10 MHz to 60 MHz. The rf current couples to the plasma by capacitively coupling mechanism via the dielectric plate 102 and the wafer 106 and generates a plasma. This generated plasma is used for plasma assisted wafer processing.

[0005]

[Problems to be solved by the invention]

The problem associated with the above-mentioned configuration is explained next. The radial uniformity of the plasma density depends on several parameters such as rf frequency of rf current, thickness of the dielectric plate 102, and diameters of the rf electrode 101 and dielectric plate 102. Fig. 8 shows three possible radial profiles 109, 110 and 111 out of many possible radial profiles as to the plasma radial density or plasma distribution. The required plasma density profile over the wafer

surface is given by the radial profile 110. However, it is very rare to get this plasma density radial profile. Most of the time, plasma density profile ends up with different shapes as shown by the curves 109 and 111 or other different shapes. Usually by controlling the pressure and rf power, the radial profile of the plasma density can be improved to some extent. However, as usually the case, the rf power and pressure optimized for radial uniformity do not coincide with those selected to get the required process rate and other process parameters. Therefore, the control of radial uniformity over the wafer surface with the configuration given in Fig. 7 is limited.

[0006]

Fig. 9 shows another configuration of the conventional plasma processing systems. This system is comprised of a top electrode 150, the above-mentioned wafer holder 100, a cylindrical sidewall 151, a bottom plate 152 and a top plate 153. The configuration of wafer holder 100 is the same as given in Fig. 7. This configuration of the plasma processing system is called as a dual frequency reactor because the rf frequencies applied to the upper and lower electrodes 150 and 101 are usually different. The upper electrode 150 is supplied with the rf power from another rf power generator 161 via another matching circuit 162. The upper electrode 150 is isolated from the walls of the reactor 163 by a dielectric member 164. Here, the main plasma is generated by rf power applied to the upper electrode 150. Usually, the frequency of rf power applied to the upper electrode 150 lies in the range of 10 MHz to 100 MHz. The frequency of rf current applied to the lower electrode usually smaller than or equal to that of the upper electrode 150 and lies in the range of 1 MHz to 30 MHz.

[0007]

Even with the configuration of the second plasma processing system

in the controllability of radial profile of plasma density on the wafer surface is limited. Even though the rf frequency has some effects on the radial profile of the plasma density, once the system is assembled, change of rf frequency is not a practical solution to improve the radial uniformity. Therefore, only the rf power and pressure are the main remaining parameters to control the radial uniformity of the plasma density. As explained before, these two parameters have limited capability in controlling the plasma density radial uniformity.

[0008]

The above-mentioned plasma processing systems point out that main electrodes, that is the lower and upper electrodes, control the plasma chemistry and required process parameters but have limited capability to control the radial profile of the plasma over the wafer surface. Therefore, there must be an additional parameter to control the radial profile of the plasma over the wafer surface once the process parameters required are achieved by employing suitable values to main electrodes. This is particularly important for large area wafer processing.

[0009]

Object of the present invention is to provide a dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system capable of improving the radial profile of the plasma density on the wafer to be processed.

[0010]

[Means to solve the Problem]

a dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system of the present invention is configured as follows in order to attain the above-mentioned object.

[0011]

A dual electrode wafer holder of the present invention is used in

order to place a wafer for plasma processing in a reactor. It is comprised of a center electrode supplied with an rf current from an rf power source, a thin dielectric ring member arranged around sidewall of the center electrode, an outer electrode arranged around the thin dielectric ring member, which obtains a fraction of the rf current given to the center electrode via capacitively coupling mechanism through the thin dielectric ring member, a dielectric plate for covering the upper surface of the outer electrode, and dielectric members for covering the side and lower surfaces of the outer electrode and the lower surface of the center electrode.

[0012]

In accordance with the configuration, the uniformity of the plasma on the wafer surface can be improved. The outer rf electrode is designed so that a fraction of the rf current applied to the center rf electrode. By changing the capacitance between the center and outer electrodes, the rf power coupled to the outer electrode can be changed and thereby the radial uniformity of the plasma can be controlled appropriately.

[0013]

In the above configuration, preferably, the outer electrode is given an rf current from a separate rf power source via a matching circuit.

[0014]

Another dual electrode wafer holder of the present invention is comprised of: a center electrode, a thin dielectric ring member arranged around sidewall of the center electrode, an outer electrode arranged around the thin dielectric ring member, a dielectric plate for covering the upper surface of the outer electrode, and dielectric members for covering the side and lower surfaces of the outer electrode and the lower surface of the center electrode. In the above configuration, the outer elect

rode is supplied with an rf current from an rf power source, and the center electrode obtains a fraction of the rf current given to the outer electrode via capacitively coupling mechanism through the thin dielectric ring member.

[0015]

In the above dual electrode wafer holder, height of the outer electrode around the thin dielectric ring member is altered to change the capacitance between the center electrode and the outer electrode.

[0016]

In the dual electrode wafer holder, the cross sectional shape of the outer electrode is changed appropriately to move plasma generated over it towards or outwards from the center of the reactor.

[0017]

In the dual electrode wafer holder, thickness of the thin dielectric ring member around the center electrode is altered to change the capacitance between the center electrode and the outer electrode.

[0018]

[Working Example of the Invention]

Hereinafter, preferred working examples will be explained according to attached drawings. Through the explanation of the working examples, the details of the present inventions will be clarified.

[0019]

The first working example of the present invention will be explained in accordance with Figs. 1 and 2. Fig. 1 shows only a wafer holder 1. The reactor having the wafer holder 1 is not shown in Fig. 1. The wafer holder 1 is comprised of a center rf electrode 2, a thin dielectric ring 3 around the sidewall of the center electrode 2, an outer metal ring 4 which is called hereafter as an outer electrode, a dielectric plate 5, dielectric members 6a and 6b to isolate the center and outer electrodes

from a sidewall 11 and bottom plate 12 of the wafer holder 1. The diameter of the center electrode 2 is comparable to that of the wafer 7 loaded on it. For example, if the wafer diameter is 200 mm, the diameter of the center electrode 2 can be in the range of 180 mm to 230 mm. The height of the center electrode 2 is not critical and usually taken around 3-4 cm.

[0020]

The center electrode 2 is connected to an rf power generator 8 via a matching circuit 9. The frequency of the rf power generator 8 is not critical and usually selected in the range of 10 MHz to 100 MHz.

[0021]

On the upper surface of the center electrode 2 there may be a thin dielectric plate 10. This thin dielectric plate 10 can be omitted. If there is the thin dielectric plate 10 on the upper surface of the center electrode 2 as shown in Fig. 1, it is usually strongly bonded to have a better thermal conductance between the dielectric plate 10 and the center electrode 2. In this case the dielectric plate 10 is used to clamp the wafer 7 on the wafer holder 1 by an electrostatic chuck mechanism. If this electrostatic chuck mechanism is used, a gas reservoir is made on the upper surface of the dielectric plate 10 in order to fill a gas between the wafer 7 and the dielectric plate 10. The gas makes a better thermal conductance between the wafer 7 and the dielectric plate 10. If there is no dielectric plate on the center electrode 2, the wafer 7 is directly placed on the center rf electrode 2.

[0022]

The thin dielectric ring 3 covers the sidewall of the center electrode 2. The thickness of the dielectric ring 3 is taken as thin as possible. For example, it is smaller than 1mm. Around the thin dielectric ring 3, the outer electrode 4 is placed. The upper surface of

f the outer electrode 4 is expanded to have a larger horizontal surface area. The height of the outer electrode 4 is selected by experimentally as explained later. The cross sectional shape of the outer electrode 4 may be of rectangular shape or L-shape. If the cross sectional shape is of L-shape as shown in Fig. 1, the thickness of the horizontal part is not critical. Usually this thickness is taken to be larger than 2 cm. The thin dielectric plate 5 covers the upper surface of the outer electrode 4. The plate 5 may be made of a semiconductor member. The suitable material for this plate 5 is selected depending on the chemistry of wafer processing.

[0023]

The outer surface of the outer electrode 4 and the bottom surfaces of the center and outer electrodes 2 and 4 are covered by the dielectric members 6a and 6b. This is to electrically isolate the center electrode 2 and the outer electrode 4 from the sidewall 11 and the bottom plate 12 of the wafer holder 1, which are made of a metal and is in an electrically grounded state.

[0024]

The above-mentioned wafer holder 1 is placed in the reactor of a plasma processing system, which is comprised of a top plate, a sidewall and a vacuuming system. The plasma processing system may or may not be comprised of another rf electrode, for example, as the upper electrode. Existence of another rf electrode does not affect the expected purpose of the invented wafer holder 1 consisted with two rf electrodes.

[0025]

Next, principle of operation according to the wafer holder 1 is explained. Since the wafer holder 1 is placed in a plasma processing system as described above, when the rf current is applied to the center electrode 2 from the rf power generator 8 under the appropriate low pressure

condition, a plasma is generated over the upper surface of the wafer holder 1 by capacitively coupled mechanism. Here, the rf power is coupled to the plasma via the dielectric plate 10 and the Si wafer 7. For this rf power coupling, the dielectric plate 10 and Si wafer 7 generate a finite impedance which basically depends on the thickness and material of the dielectric plate 10. Let's consider this impedance as R_1 .

[0026]

Similarly, the rf power couples to the outer electrode 4 via the thin dielectric ring 3 around the center electrode 2. The rate of the rf power coupling depends on the capacitance, C , between the center and the outer electrodes 2 and 4. Here, $C = \epsilon A/d$ --- (1), where ϵ is the relative dielectric constant of the thin dielectric ring 3, A is the mutual surface area between the center and the outer electrodes 2 and 4, and d is the thickness of the thin dielectric ring 3. Accordingly, the impedance for rf power transfer from the center electrodes 2 to the outer electrode 4, R_2 , can be given as $R_2 = 1/(i\omega C)$, where ω is the angular frequency of applied rf current. The rf power coupling to the outer electrode 4 again couples to the plasma via the dielectric ring 5 placed on the upper surface of the outer electrode 4. The impedance to the rf current generated by the dielectric ring 5 is considered as R_3 . Even though it is not essential, the thickness and materials of the dielectric members 3, 5 and 10 are selected to yield $R_3 < R_1$ and R_2 . This is to confirm that the flow of rf current from the center electrode 2 to the outer electrode 4 is controlled only by R_2 .

[0027]

The thickness and materials of the dielectric ring 3 and the dielectric plate 5 are selected to yield comparable R_1 and R_2 . Therefore, by changing A or/and d in the equation (1), the rf current flow from the center electrode 2 to the outer electrode 4 can be controlled. Here, A can

can be changed by changing the height of the outer electrode 4 and d can be changed by changing the thickness of the thin dielectric ring 3. For example, to reduce the rf current flow to the outer electrode 4, the height of the outer electrode 4 can be reduced as shown in Fig. 2.

[0028]

Generally, the plasma generated on the upper surface of the center electrode 2 takes the form as shown by line 13 in Fig. 3. Similarly, the rf current coupled from the outer electrode 4 also generates a plasma which takes a doughnut-shape as shown by line 14 in Fig. 3. The generation of the outer plasma in the doughnut-shape causes an improvement of plasma uniformity over the wafer surface due to the following two reasons

[0029]

(1) The doughnut-shaped plasma diffuses to the central region. (2) Existence of the outer plasma in the doughnut-shape reduces the impedance to rf current from the central plasma to the sidewall of the plasma processing reactor. This causes an expansion of central plasma towards the sidewall of the plasma processing reactor. These two reasons result in an improvement of radial profile of plasma distribution over the surface of the surface 7.

[0030]

The position of the doughnut-shaped plasma shown by the line 14 can be changed by changing the width of the outer electrode 4. For example, three possible configurations 15, 16 and 17 for the outer electrode are shown in Fig. 4. The configuration 15 has a cylindrical shape whose height is substantially as same as that of the center electrode 2. The configuration 16 is similar to the outer electrode 4 except that the height of the cylindrical portion is shorter than that of the electrode 4. The configuration 17 has a difference in the ring-shaped flange compared to

o the outer electrode 4. Using a suitably configured outer electrode, the doughnut-shaped plasma can be broadened, thinned, or moved towards or outwards from the central plasma generated over the center electrode 2.

[0031]

Next, the second working example is explained using Fig. 5. Here the rf power source 8 is connected to the outer electrode 4 via a matching circuit 9. Except this difference, all the other hardware are the same as explained in the first working example. The operational principle is also the same as explained in the first working example. The only difference in the second working example compared to the first working example is the rf current flows from the outer electrode 4 to the center electrode 2. However, in order to control the radial uniformity of the plasma distribution the same procedure explained in first working example can be used.

[0032]

Further, the third working example is explained using Fig. 6. Here, an outer electrode 24 is supplied an rf current directly from a separate rf power generator 17 via a matching circuit 18. The configuration of the outer electrode 24 is also changed to a thin circular plate as shown in Fig. 6 by eliminating the vertical or cylindrical section compared with the outer electrode 4. Except these differences, all the other hardware configurations are the same as given in the first working example. The frequency of the rf generator 17 connected to the outer electrode 24 lies in the range of 10 MHz to 100 MHz. This rf frequency can be equal or different from that given to the center electrode 2. If different rf frequencies are employed, suitable rf cut-off filters are added to the rf electrical circuits. These rf cut-off filters are not shown in figures.

[0033]

The operation in each second and third working examples is the same as explained in the first working example. That is, until the required radial uniformity of plasma distribution over the wafer surface is given, the rf power applied via the outer electrode is adjusted. Again, similar to the first working example, the shape of the outer electrode can be changed to improve the radial uniformity of the plasma.

[0034]

The dual-electrode wafer holder of the present invention with the center and outer electrodes may be suitably configured by combining optionally the distinctive parts of each working example.

[0035]

[Effect of the Invention]

The dual-electrode wafer holder in accordance with the present invention can improve radial uniformity of plasma distribution over the surface of the wafers to be processed and thereby improve the process uniformity on the wafer surface.

4. Brief Explanation of the Drawings:

[Fig. 1]

This figure is a cross sectional view of a dual electrode wafer holder in accordance with the first working example.

[Fig. 2]

This figure is a cross sectional view of a modified example of the first working example.

[Fig. 3]

This figure shows the radial profiles of plasmas generated over the center and outer electrodes in the first working example.

[Fig. 4]

This figure shows cross sectional views (A), (B), (C) of three po

ssible configurations for the outer electrode in the first working example.

[Fig. 5]

This figure is a cross sectional view of a dual electrode wafer holder in accordance with the second working example.

[Fig. 6]

This figure is a cross sectional view of a dual electrode wafer holder in accordance with the third working example.

[Fig. 7]

This figure is a cross sectional view of a conventional wafer holder in a plasma processing system.

[Fig. 8]

This figure shows three possible radial profiles of plasma distribution over the wafer surface with the conventional wafer holder shown in Fig. 7.

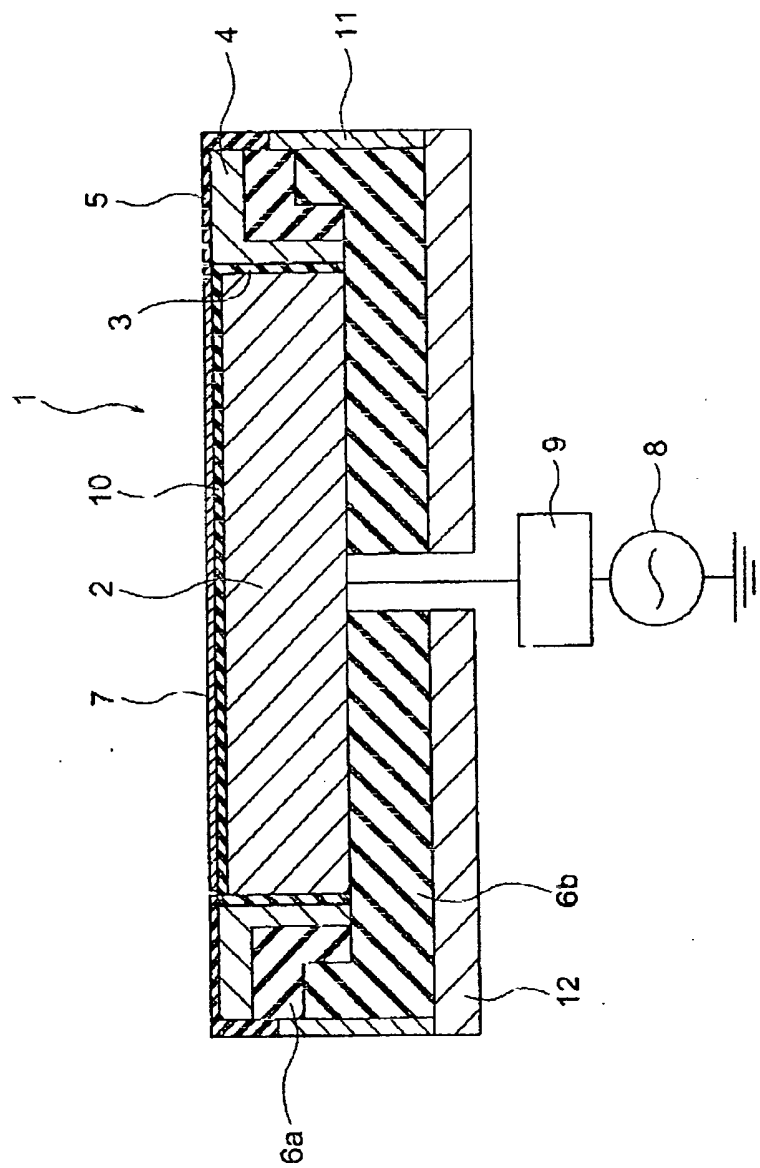
[Fig. 9]

This figure is a cross sectional view of a conventional wafer holder in another type of plasma processing system.

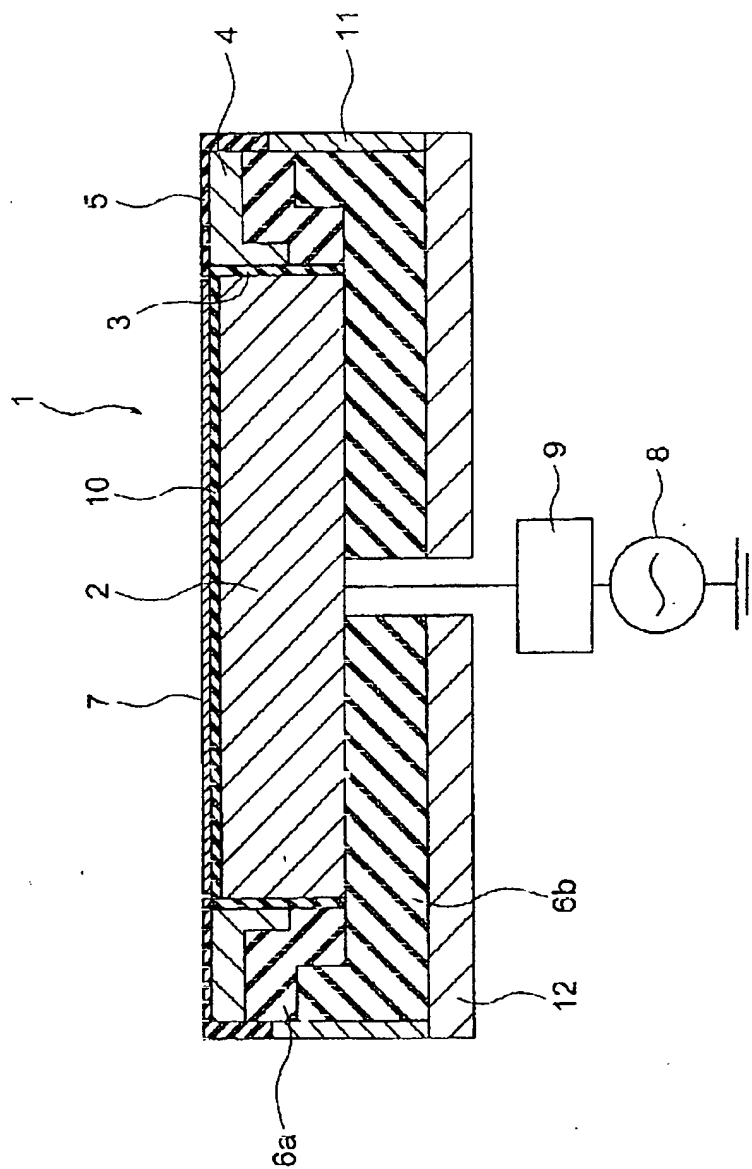
[Explanations of reference signs]

1	Wafer holder
2	Center electrode
3	Thin dielectric ring member
4	Outer electrode
5	Doughnut-shaped dielectric plate
6a, 6b	Dielectric member
7	Wafer
8	RF generator
9	Matching circuit

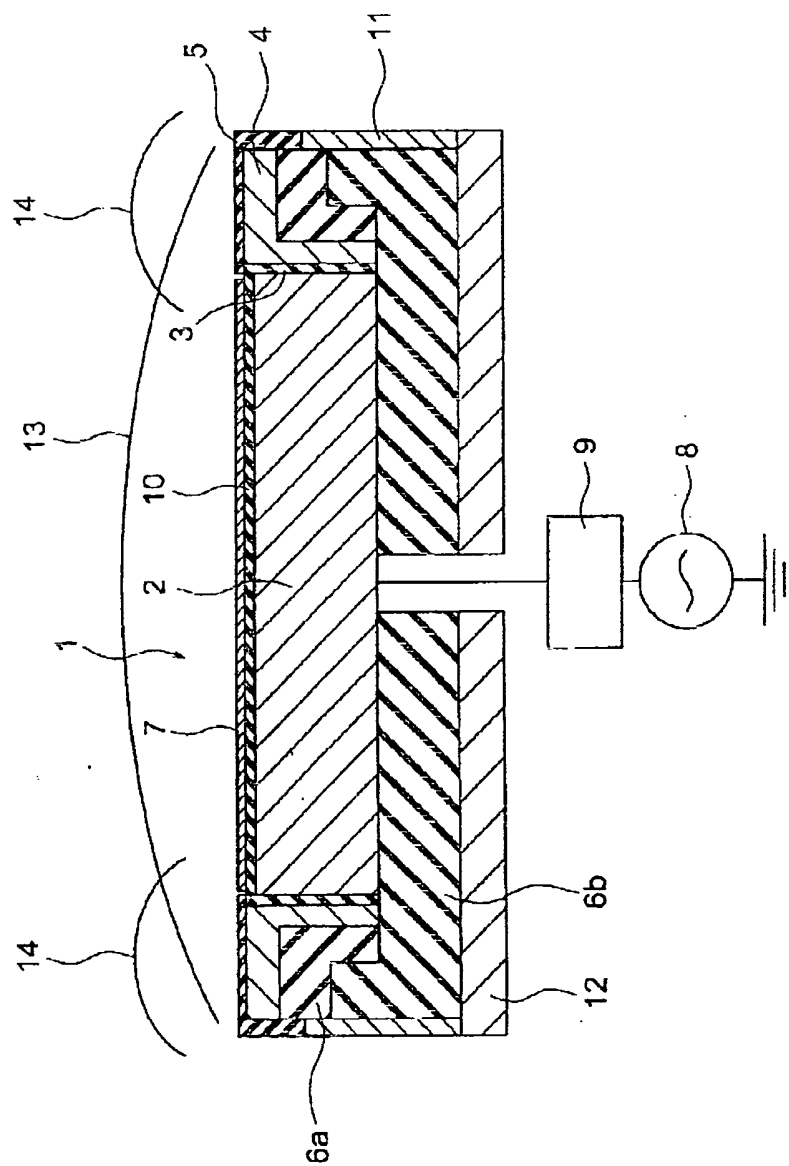
【Fig. 1】



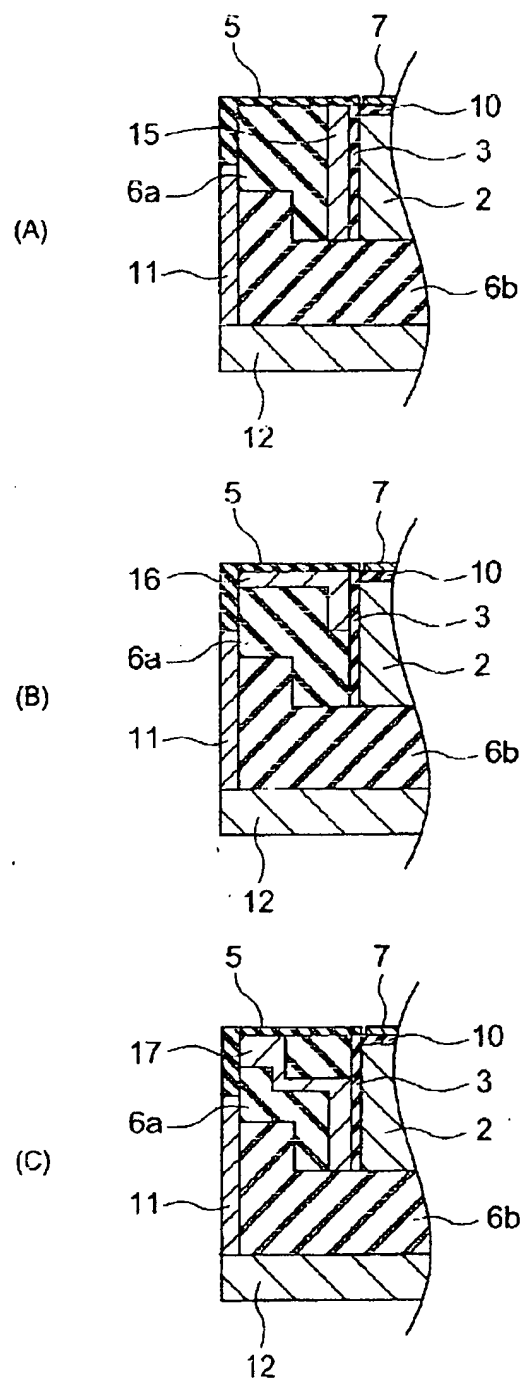
[Fig. 2]



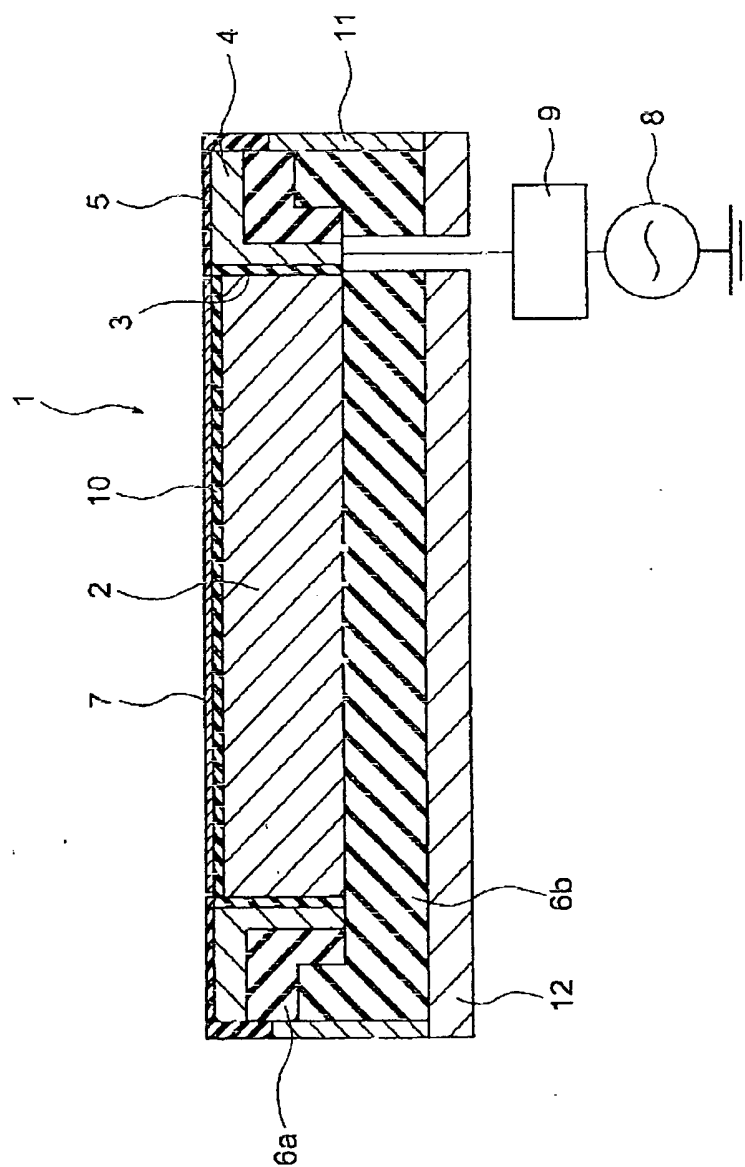
【Fig. 3】



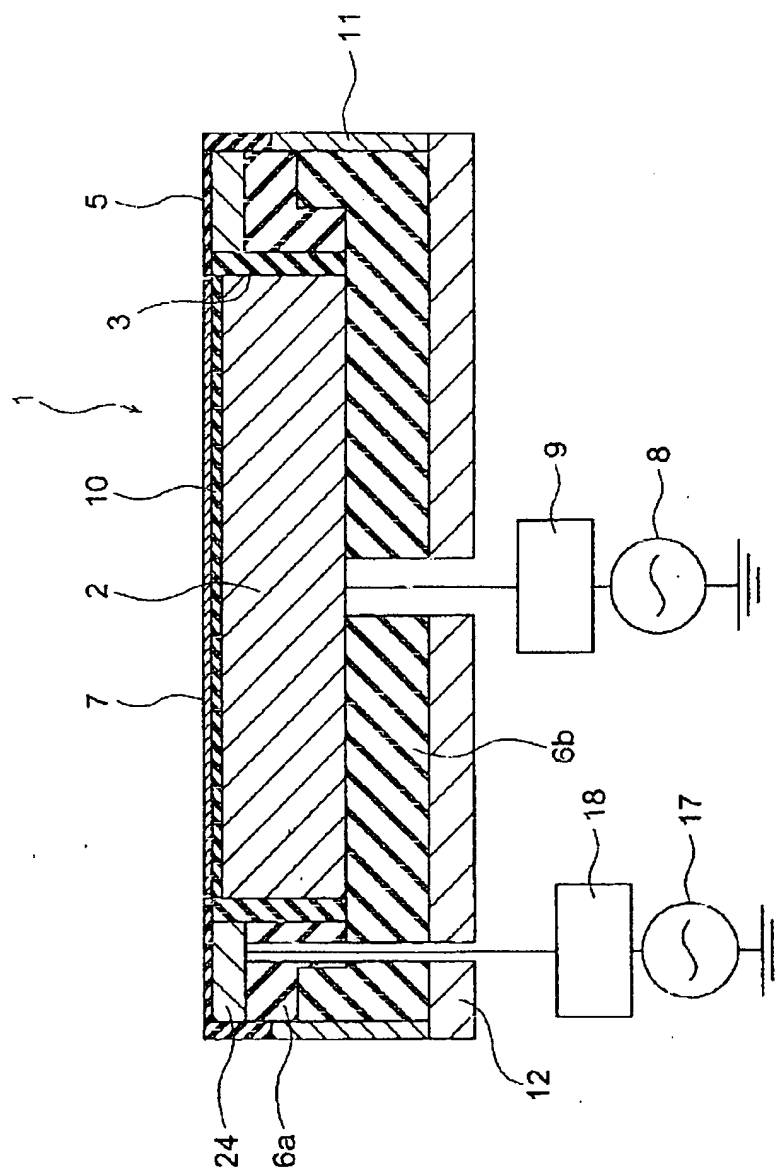
【Fig. 4】



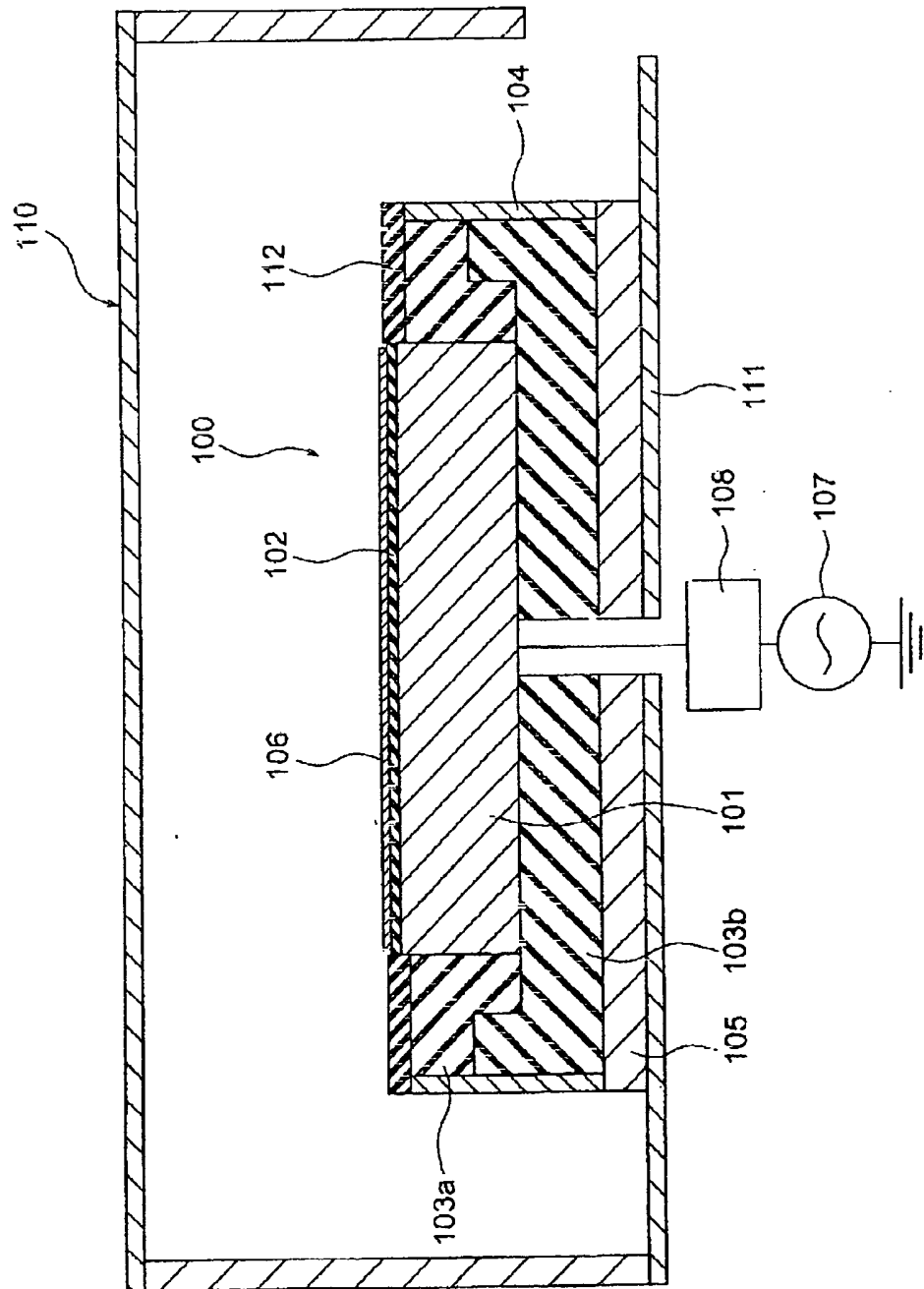
【Fig. 5】



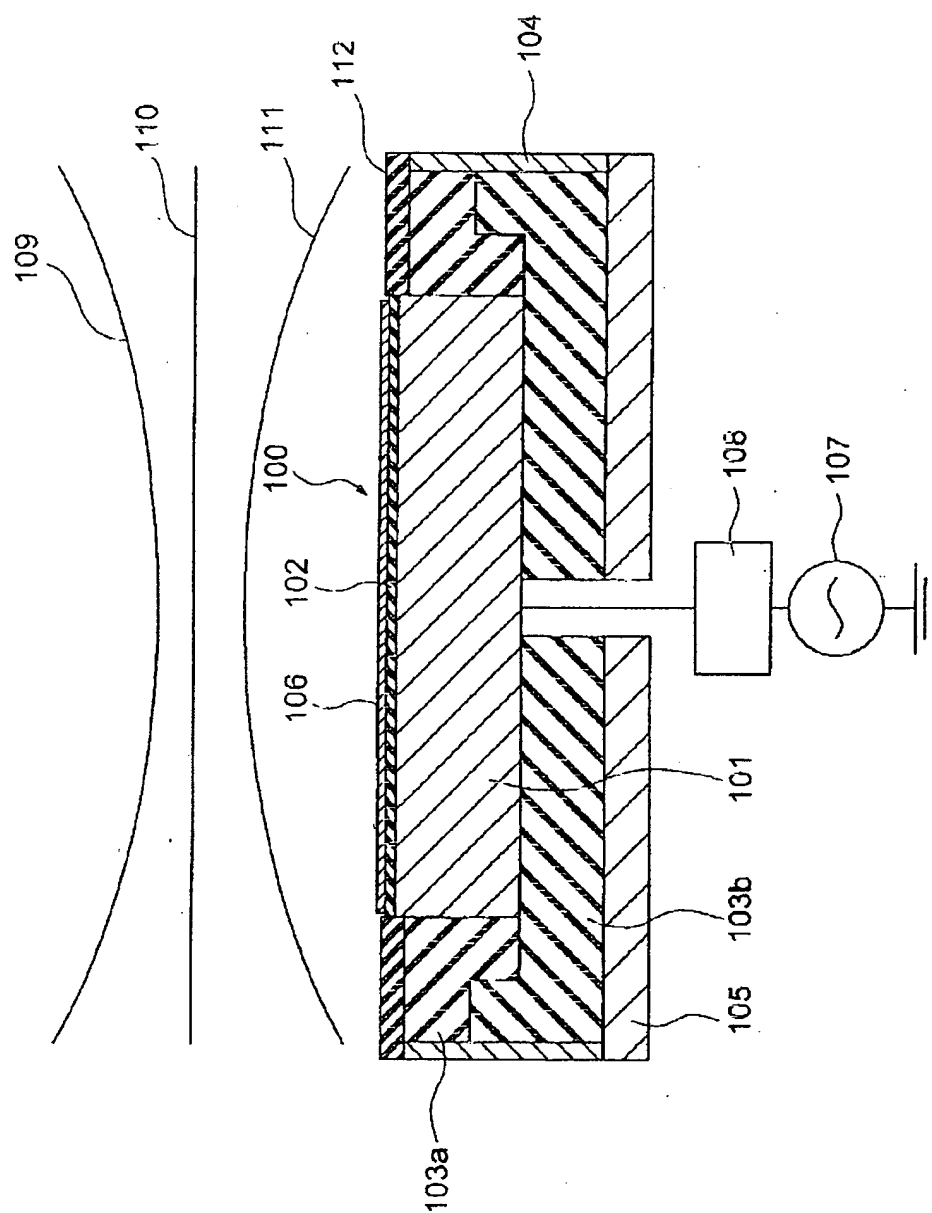
【Fig. 6】



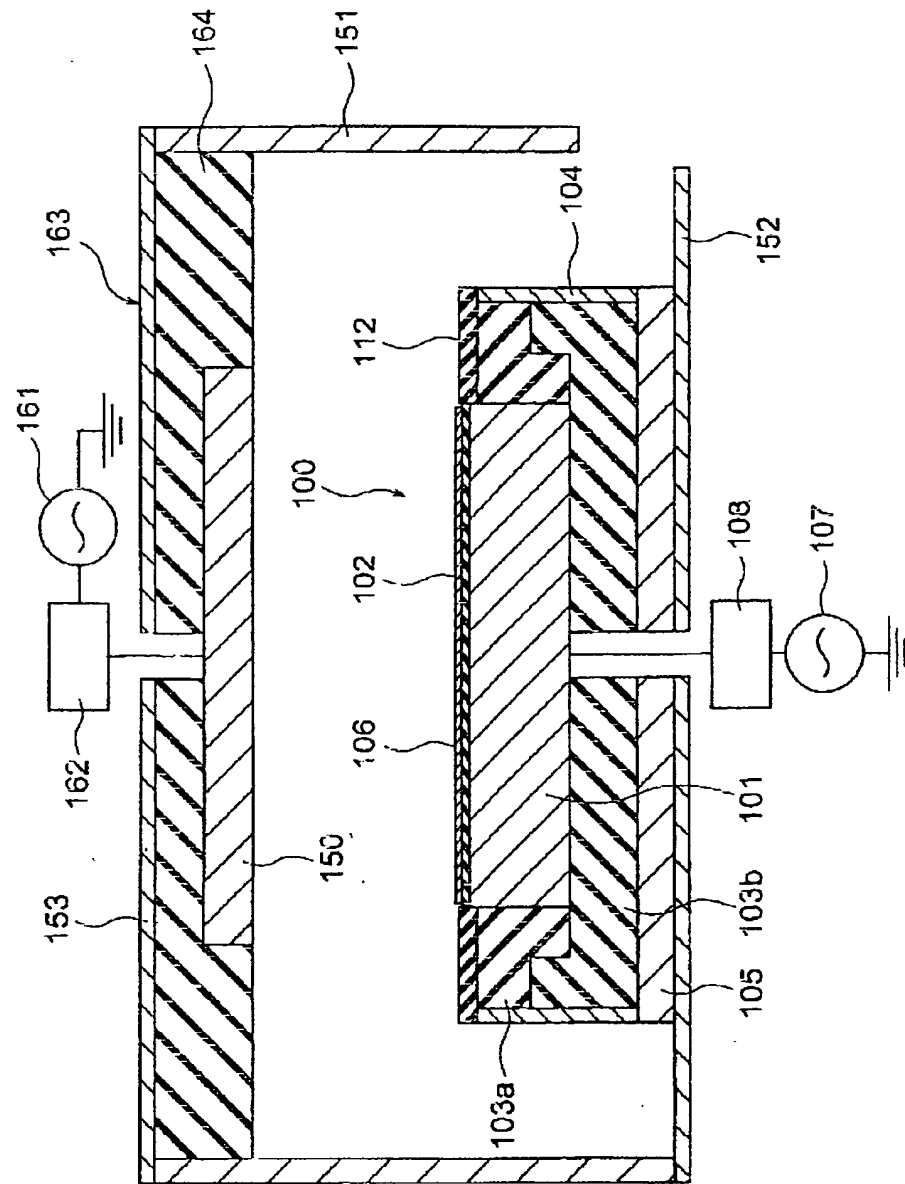
【Fig. 7】



【Fig. 8】



[Fig. 9]



1. Abstract:

This dual electrode wafer holder for plasma assisted wafer processing system improves the radial profile of the plasma density on the wafer. The dual electrode wafer holder 1 is comprised of; a center electrode 2 supplied with an rf current from an rf power source 8, a thin dielectric ring member 3 arranged around sidewall of the center electrode, an outer electrode 4 arranged around the thin dielectric ring member, which obtains a fraction of the rf current given to the center electrode via capacitively coupling mechanism through the thin dielectric ring member, a dielectric plate 5 for covering the upper surface of the outer electrode, and dielectric members 6a, 6b for covering the side and lower surfaces of the outer electrode and the lower surface of the center electrode.

2. Representative figure: Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)